

(19)



(11)

EP 2 903 811 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.03.2020 Patentblatt 2020/13

(51) Int Cl.:
B30B 11/00 (2006.01) B30B 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13798548.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2013/100346

(22) Anmeldetag: **30.09.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/053120 (10.04.2014 Gazette 2014/15)

(54) **VERFAHREN ZUM STEuern EINER KERAMIK- ODER METALLPULVER-PRESSE BZW. KERAMIK- ODER METALLPULVER-PRESSE**

METHOD FOR CONTROLLING A CERAMIC OR METAL POWDER PRESS, AND CERAMIC OR METAL POWDER PRESS

PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UNE PRESSE À POUDRE CÉRAMIQUE OU MÉTALLIQUE, ET PRESSE À POUDRE CÉRAMIQUE OU MÉTALLIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

• **MENZEL, Roland**
82431 Kochel am See (DE)

(30) Priorität: **01.10.2012 DE 102012019312**

(74) Vertreter: **Schulze, Mark**
Von Lieres Brachmann Schulze
Patentanwälte
Grillparzerstrasse 12A
81675 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.08.2015 Patentblatt 2015/33

(73) Patentinhaber: **Dorst Technologies GmbH & Co. KG**
82431 Kochel am See (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 2 361 758 DE-A1-102009 004 620
DE-A1-102010 033 998 JP-A- S57 209 797
US-A- 4 447 198 US-A- 6 074 584

(72) Erfinder:
• **GRÖBL, Herbert Ludwig**
82418 Murnau (DE)

EP 2 903 811 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 zum Steuern einer Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen eines Pressguts. Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine derart gesteuerte Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen zum Pressen eines Pressguts gemäß Anspruch 7. Es gibt Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen, bei denen während eines Pressverfahrens ein sogenanntes Floaten einzelner Achsen, d.h. insbesondere von Pressstempel und diese(n) tragende Komponenten, während des Formgebungsprozesses gefordert ist. Floaten bedeutet, dass sich die Achse von zumindest einer anderen, insbesondere gegenüberliegenden Achse aus ihrer Position drängen lässt. Sie hält dabei jedoch mit der im Werkzeugprogramm für die Achse programmierten Kraft gegen die diese verdrängende Achse gegen, was anschaulicher z.B. einer Federwirkung vergleichbar ist. Ein weiterer Anwendungsfall ist ein kraft geregelter Abbau der Presskraft an insbesondere der oberen, kraftführenden Achse. Der Begriff Floaten lässt sich daher auch als schwimmend, kontrolliert nachgebend oder kontrolliert nachgeregelt bezeichnen.

[0002] Insbesondere bei servomotorischen Pulverpressen, insbesondere Mehrplattenpressen, besteht gegenüber beispielsweise hydraulischen Pulverpressen eine besondere Problematik im Fall von Spindelpressen, welche einen Spindeltrieb aufweisen. Eine bei diesen durch eine Antriebssteuerung bzw. Antriebsregelung vorgesehene klassische Drehmomentbegrenzung ist als eine Funktion des Servoreglers nicht in der Lage, die Kraft an solchen Achsen absolut-genau zu begrenzen. Der Grund liegt darin, dass die rotatorische Bewegung des Servomotors mit Hilfe einer Spindel in eine translatorische Bewegung umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad dieser Spindel hängt von mehreren physikalischen Größen ab, unter anderem der Temperatur, und ist deshalb als quasi unbekannte Größe einzuordnen. Wird für eine solche Werkzeugachse ein Doppelantrieb verwendet, ist die Drehmomentbegrenzung unbrauchbar. Bei einem Doppelantrieb treiben zwei Servomotoren mit je einer Spindel eine Werkzeugachse an. Durch die Wirkungsgrad-Problematik der Spindeln kann kein synchroner Betrieb der beiden Servoachsen gewährleistet werden. Aus verfahrenstechnischer Sicht liegt die Toleranz für die Synchronabweichungen bei insbesondere kleiner 0,01 mm.

[0003] In solchen Spindelpressen einsetzbare Servoregler bestehen aus Strom-, Drehzahl- und Lageregler. Mit diesen Reglern ist prinzipiell keine Kraftregelung möglich.

[0004] Beispielhaft ist aus US 6 074 584 A eine Keramikpulver und/oder Metallpulver-Pressen bekannt.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen und ein Verfahren zum Steuern einer Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen zum Pressen eines Pressguts unter Einsatz zu-

mindest eines elektromotorischen Antriebs so zu verbessern, dass ein zuverlässigerer Betrieb ermöglicht wird, insbesondere eine Kraftregelung bei zumindest einer floatenden Achse bzw. einem floatenden Pressstempel ermöglicht wird. Insbesondere soll das Verfahren bei einer solchen Presse anwendbar sein, die mit einem Servo-Spindeltrieb ausgestattet ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. die Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand von abhängigen Ansprüchen.

[0008] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung besteht in einem Verfahren zum Steuern einer Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen zum Pressen eines Pressguts, bei dem zumindest ein elektromotorischer Antrieb, welcher zumindest einen Pressstempel längs einer Pressrichtung verstellt, derart angesteuert wird, dass der Antrieb den Pressstempel längs einer Positions-Sollbahn insbesondere zu einer jeweils momentanen Sollposition des Pressstempels bewegt und der Antrieb bei Abweichung von der Positions-Sollbahn nachgeregelt wird, wobei als zumindest eine Stellgröße für das Nachregeln eine gemessene Kraft, die auf das Pressgut, den Pressstempel oder diesen tragende Komponenten einwirkt, verwendet wird.

[0009] Mit anderen Worten erfolgt eine Regelung von Sollpositionen zumindest des einen Pressstempels über dessen zumindest einen elektromotorischen Antrieb abhängig von einer gemessenen Kraft. Eine Regelung kann auch durch eine Nachsteuerung mittels verschiedener untereinander verschalteter Steuer- und Regeleinrichtungen realisiert werden.

[0010] Die Kraft der Werkzeugachse, das heißt insbesondere die gemessene Kraft auf eine der Komponenten vom Pressstempel bis zu dessen Fixpunkt relativ zu einem Rahmen und gegebenenfalls relativ zu weiteren Werkzeugsachsen wird mit geeigneten Sensoren bzw. einer geeigneten Kraftmesseinrichtung in der translatorischen Bewegung während eines laufenden Presszyklus gemessen.

[0011] Eine solche Regelung ist umsetzbar für nur einen Pressstempel einer Vielzahl von Pressstempeln einer solchen Presse bzw. eines entsprechend in einer solchen Presse eingesetzten Werkzeugs. Umsetzbar ist eine solche Regelung aber auch für mehrere oder alle Pressstempel einer solchen Presse bzw. eines solchen Werkzeugs.

[0012] Eine weitere Ausgestaltung besteht darin, dass zu der Positions-Sollbahn abhängig von der zumindest einen gemessenen Kraft nachgeregelt wird, wobei gemäß einer Weiterbildung die Positions-Sollbahn abhängig von einer Sollkraft vorgegeben ist.

[0013] Auch dabei werden somit Kraftwerte in Positionswerte übertragen. Eine Weiterbildung ist, dass jede Achse für sich und unabhängig von Gesamtverbund die jeweilige Kraft bewertet und eine Nachregelung veran-

lassen kann.

[0014] Eine Ausgestaltung besteht darin, dass Sollpositionen zumindest eines Pressstempels abhängig von zumindest einer solchen gemessenen Kraft berechnet und/oder geregelt werden.

[0015] Auch eine Ausgestaltung ist, dass anhand der gemessenen Kraft die Positions-Sollbahn insbesondere für eine Servoachse oder mehrere Servoachsen berechnet wird, insbesondere so berechnet wird, dass eine Werkzeugachse bzw. insbesondere deren Pressstempel der programmierten Kraft folgt.

[0016] Insbesondere wird somit nicht unmittelbar die Position über eine direkte Stellgröße eines Antriebs, z. B. eine am Antrieb anliegende Spannung, ein anliegender Strom oder ein am hydraulischen Zylinder anliegender Öldruck geregelt. Anstelle dessen wird die Sollposition selber verändert, so dass einer Antriebssteuerung eine geregelte Sollgröße bzw. Sollposition angelegt wird und daraufhin die Antriebssteuerung ihrerseits eine Steuerung oder bevorzugt Regelung der Stellgrößen des Antriebs abhängig von der anliegenden geregelten Sollposition durchführt. Es handelt sich somit bevorzugt um eine doppelte Regelkette mit zwei hintereinandergeschalteten Steuerungen bzw. insbesondere Regelungen.

[0017] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass als die Abweichung eine Kraft-Regelabweichung zwischen der gemessenen Kraft und der Sollkraft in eine für einen Lageregler der Steuereinrichtung zumindest des einen Antriebs umsetzbare Sollpositions-Steuergröße umgesetzt wird.

[0018] Mit anderen Worten wird eine Kraft-Regelabweichung ermittelt und daraus eine Sollpositions-Steuergröße bestimmt, welche zur Regelung des elektromotorischen Antriebs verwendet wird. Eine Ausgestaltung dazu besteht darin, dass zusätzlich eine Spindelsteigung des Antriebs und/oder eine maschinenspezifische E-Modul-Konstante in die für den Lageregler des zumindest einen Antriebs umsetzbare Sollpositions-Steuergröße umgesetzt wird.

[0019] Es können auch weitere Größen berücksichtigt werden, welche abhängig sind von herrschenden Temperaturen oder variablen oder modellspezifischen geometrischen sowie konstruktiveren oder materialabhängigen Größen insbesondere der Presse und in deren Umfeld. Insbesondere kann sich die maschinenspezifische E-Modul-Konstante auf einzelne oder alle Komponenten in dem Kraftfluss zwischen der dem Pressgut zugewandten Seite des Pressstempels und dem Antrieb oder dem den Antrieb tragenden Rahmenelement beziehen. Auch können für verschiedene Achsen bzw. Kraftflüsse unterschiedliche E-Modul-Konstanten bereitgestellt sein.

[0020] Insbesondere ist es eine Ausgestaltung, dass der zumindest eine Pressstempel als Bestandteil einer floatenden, das heißt insbesondere schwimmenden bzw. kontrolliert nachgebenden oder nachgeregelten Achse verstellt wird.

[0021] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung be-

steht in einer Keramik- und/oder Metallpulver-Presse zum Pressen eines Pressguts mit zumindest einem elektromotorischen Antrieb, welcher zumindest einen Pressstempel längs einer Pressrichtung verstellt, einer Steuereinrichtung, welche ausgelegt ist, den Antrieb derart anzusteuern, dass der Antrieb den Pressstempel längs einer Positions-Sollbahn zu einer jeweils momentanen Sollposition des Pressstempels bewegt und der Antrieb bei Abweichung von der Positions-Sollbahn nachregelt, wobei in der Presse zumindest eine Kraftmesseinrichtung, welche zum Messen einer Presskraft, die auf das Pressgut, den Pressstempel oder diesen tragende Komponenten einwirkt, angeordnet ist und wobei für die Steuereinrichtung die damit gemessene Presskraft zumindest eine Stellgröße für die Nachregelung bildet.

[0022] Die Steuereinrichtung kann eine eigenständige Komponente sein oder ganz oder teilweise eine im jeweiligen Antrieb bzw. dessen Motor integrierte Steuereinrichtung sein, wie bei z.B. einem Servoantrieb.

[0023] Der oder die Antriebe und Kraftmesseinrichtungen können einem oder mehreren Pressstempeln bzw. Achsen zugeordnet sein, welcher auf einer der einwirkenden Hauptpresskraft gegenüberliegenden Seite der Matrizenöffnung angeordnet sind. Eine Hauptpresskraft kann durch einen elektromotorischen Antrieb, optional aber auch durch mechanische, pneumatische oder hydraulische Antriebe aufgebracht werden. Die Hauptpresskraft wirkt dabei insbesondere über einen oder mehrere Pressstempel ein, welche auf der zu dem so geregelten Pressstempel gegenüberliegenden Seite des Pressguts angeordnet sind und auf das Pressgut einwirken. Aber auch ein der Hauptpresskraft alleinig oder zusammen mit anderen Pressstempeln ganz oder teilweise unterliegender Pressstempel kann so geregelt sein, insbesondere wenn auf Seiten einer solchen Hauptpresskraft mehrere mittels elektromotorischen Antrieben relativ zueinander verstellbare Pressstempel angeordnet sind. Dies schließt weiterhin mit ein, dass im Fall einer elektromotorischen Hauptpresskraft auch die diese Kraft übertragende Achse servomotorisch und mit Spindeltrieb ausgestaltet ist und derart floatend regelbar ist.

[0024] Eine Ausgestaltung der Presse besteht darin, dass der Pressstempel Bestandteil einer floatenden Achse ist.

Noch eine Ausgestaltung der Presse besteht darin, dass der Antrieb einen Pressstempel relativ zu zumindest einem zumindest in Pressstellung seitlich dazu angeordneten Pressstempel bewegt.

Mit anderen Worten sind auf einer Seite der Matrizenöffnung mehrere Pressstempel angeordnet, wobei diese mehreren Pressstempel längs der Pressrichtung unabhängig voneinander verstellbar sind. Insbesondere können bei solch einer Anordnung nur einer, mehrere oder alle der Pressstempel derart regelbar sein.

[0025] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein einzelner solcher Pressstempel durch gleichzeitig zwei oder mehr Antriebe verstellbar angeordnet ist, wobei ein aus der gemessenen Kraft bestimmter, insbesondere einzi-

ger Korrekturwert den Antrieben angelegt ist.

[0026] Beispielsweise ist ein solcher Pressstempel auf einer so genannten Platte als Stempelträger angeordnet, wobei die Platte innerhalb des Rahmenwerks oder Werkzeugs mittels zwei oder mehr Antrieben längs der Pressrichtung verstellbar ist. Eine aus einem oder mehreren gemessenen Kraftwerten bestimmte Regelabweichung kann zur Bestimmung einer gemeinsamen Sollpositions-Steuergröße für alle betroffenen Antriebe verwendet werden. Gemäß einer Weiterbildung sind die Antriebe auch unabhängig voneinander regelbar, insbesondere von individuell bestimmten gemessenen Kräften abhängig regelbar, um ein Verkippen der Platte bzw. des Stempelträgers durch geeignete Regelung zu verhindern.

[0027] Eine Ausgestaltung besteht in einer solchen Presse, bei welcher die Steuereinrichtung ausgelegt ist, zumindest den einen Antrieb mittels eines derart beschriebenen Verfahrens anzusteuern. Mit anderen Worten wird eine mit entsprechenden Komponenten ausgestattete Presse unter Anwendung des Verfahrens zum Regeln der Sollpositionen zumindest eines Pressstempels abhängig von zumindest einer gemessenen Kraft betrieben.

[0028] Auch ist es eine Ausgestaltung einer solchen Presse bzw. eines solchen Verfahrens, das der Antrieb als servomotorischer Antrieb ausgestaltet ist und/oder eine dem Pressstempel vorgeschaltete Spindel antreibt.

[0029] Regelbar sind so abhängig von gemessenen Kraftwerten auch mit insbesondere elektromotorischen Servo-Spindelantrieben positionsabhängig verstellbare Pressstempel.

[0030] Gemäß einer Weiterbildung wird anhand einer gemessenen Kraft eine Positions-Sollbahn von einer Servoachse oder mehreren Servoachsen so berechnet, dass die Werkzeugachse bzw. insbesondere deren Pressstempel der programmierten Kraft folgt.

[0031] Ein Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einzelne Komponenten einer Keramik- und/oder Metallpulver-Presse und ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Pressablaufs.

[0032] Wie aus Fig. 1 ersichtlich, umfasst eine Keramik- und/oder Metallpulver-Presse 1 einen Rahmen 2, in welchem verschiedene weitere Komponenten aufgenommen sind. Teilweise sind die weiteren Komponenten ortsfest mit dem Rahmen 2 verbunden, teilweise relativ zu diesem und relativ untereinander insbesondere längs einer Pressrichtung verstellbar.

[0033] Zentraler Bestandteil ist eine Matrize 3, in deren Matrizenöffnung von insbesondere unten her einer oder mehrere Pressstempel 4, 5 eintauchen. Insbesondere oberhalb der Pressstempel 4, 5 ist ein Pressgut 6 in die Matrizenöffnung einfüllbar. Einer oder mehrere weitere Pressstempel 7 sind von oben her in die mit Pressgut 6 befüllte Matrizenöffnung einföhrbar, um das Pressgut 6

zu einem Presskörper zu verformen. Bei dem Pressgut 6 handelt es sich insbesondere um ein metallisches und/oder keramisches pulverförmiges und/oder granulatförmiges Material.

[0034] Der beispielhaft nur eine oberseitige Pressstempel 7 sitzt unterseitig an einem insbesondere plattenförmigen Stempelträger 8. Mittels eines elektromotorischen Antriebs 10, welcher insbesondere einen Servomotor und eine Spindelstange 9 aufweist, sind der Stempelträger 8 und der Pressstempel 7 in Pressrichtung vor und zurück verstellbar.

[0035] In dem Bereich von dem dargestellten oberen Rahmen 2, an welchem der Antrieb 10 befestigt bzw. angeordnet ist, und dem Pressstempel 7 ist eine Kraftmesseinrichtung 11 angeordnet. Die Kraftmesseinrichtung 11 kann beispielsweise als Kraftmessdose auf der Strecke zwischen dem Rahmen 2 und dem Pressstempel 7 zwischen zwei der Komponenten sitzen. Die Kraftmesseinrichtung 11 dient dazu, eine zwischen diesen Komponenten und/oder eine über den Pressstempel 7 auf das Pressgut 6 einwirkende Presskraft zu messen und als eine gemessene Kraft F_3 auszugeben.

[0036] Unterseitig der Matrize 3 sind beispielhaft ein zentraler Pressstempel 5 und ein diesen ringförmig umgebender Pressstempel 4 dargestellt, welche ein Pressen eines konturierten Presskörpers ermöglichen.

[0037] Der zentrale zweite Pressstempel 5 ist auf einem insbesondere plattenförmigen Stempelträger 12 angeordnet. Der Stempelträger 12 ist relativ zu einem unteren Abschnitt des Rahmens 2 mittels beispielhaft zwei elektromotorischen Antrieben 15, 16 längs der Pressrichtung verstellbar. Die beiden Antriebe 15, 16 weisen wiederum jeweils einen Motor und eine durch diesen angetriebene Spindelstange 13, 14 auf. In dem Bereich von dem Rahmen 2 zum Pressstempel 5 hin sind Kraftmesseinrichtungen 24, 25 angeordnet, um jeweils eine über die Antriebe 15, 16 wirkende momentane Presskraft zu messen und entsprechende Messwerte als jeweils gemessene Kraft F_{21} bzw. F_{22} auszugeben.

[0038] Der zentrale untere, erste Pressstempel 4 ist auf einem insbesondere plattenförmigen Stempelträger 17 angeordnet. Der Stempelträger 17 ist relativ zu einem unteren Abschnitt des Rahmens 2 mittels beispielhaft zwei elektromotorischen Antrieben 20, 21 längs der Pressrichtung verstellbar. Die beiden Antriebe 20, 21 weisen wiederum jeweils einen Motor und eine durch diesen angetriebene Spindelstange 18, 19 auf. In dem Bereich von dem Rahmen 2 zum Pressstempel 4 hin sind Kraftmesseinrichtungen 22, 23 angeordnet, um jeweils eine über die Antriebe 20, 21 wirkende momentane Presskraft zu messen und entsprechende Messwerte als jeweils gemessene Kraft F_{11} bzw. F_{12} auszugeben.

[0039] Eine Steuereinrichtung C dient zum Steuern und überwachen von Funktionen der Presse 1. Insbesondere dient die Steuereinrichtung C unter anderem dazu, die Antriebe 10, 15, 16, 20, 21 anzusteuern. Insbesondere im Fall von Servomotoren bzw. Servoantrieben mit eigenen Regelkreisen dient die Steuereinrichtung C

dazu, die Servoantriebe bzw. deren Regelkreise mit Steuersignalen für zu fahrende Soll-Bewegungen zu versorgen. Die Steuereinrichtung C stellt dazu als Steuersignale für die Antriebe 10, 15, 16, 20, 21 insbesondere Sollpositions-Steuergrößen s_3 , s_{11} , s_{12} , s_{21} bzw. S_{22} bereit. Bei den Sollpositions-Steuergrößen s_3 , s_{11} , s_{12} , s_{21} bzw. S_{22} kann es sich beispielsweise um kontinuierlich anliegende Signale oder um insbesondere temporäre Differenz- oder Steuerwerte handeln.

[0040] Entsprechend werden die gemessenen Kräfte F_3 , F_{11} , F_{12} , F_{21} , F_{22} zur Berücksichtigung bei einem laufenden Pressverfahren der Steuereinrichtung C angelegt.

[0041] Für die Durchführung eines bevorzugten Pressverfahrens berücksichtigt die Steuereinrichtung C einen vorgegebenen Pressablauf. Der Pressablauf beruht auf Presskräften, welche von den Pressstempel 4, 5, 7 während eines zeitlichen Verlaufs des Pressvorgangs auf das Pressgut 6 einwirken sollen.

[0042] Dargestellt ist dies in einem Positions-Zeit-Diagramm unterhalb der skizzierten Komponenten. Über dem zeitlichen Verlauf t sind jeweils Kurven abgebildet, welche eine momentane Position a darstellen. Bei der momentanen Position a kann es sich um eine tatsächliche Position einer das Pressguts berührenden Fläche eines der Stempel 4, 5, 7 handeln. Aus Gründen der einfacheren Handhabbarkeit kann aber prinzipiell auch eine beliebige andere insbesondere ausreichend genau messbare oder bestimmbare Position a längs der Strecke von den Pressstempel 4, 5, 7 bis zu deren Antrieben 13, 16, 20, 21, 10 eingesetzt sein, insbesondere auch eine durch den Antrieb selber bestimmbare Position.

[0043] Dargestellt sind zur Vereinfachung beispielsweise nur eine Positions-Sollbahn as_3 des oberen Pressstempels 7 und eine Positions-Sollbahn as_1 des ersten, unteren Pressstempels 5. Bei einer Presse mit einer größeren Anzahl von Pressstempeln oberhalb und/oder unterhalb der Matrizenöffnung werden zweckmäßig entsprechend mehr solcher Positions-Sollbahnen verwendet. Insbesondere hängt die Anzahl solcher Positions-Sollbahnen von der Anzahl von Achsen bzw. Pressstempeln 4, 5, 7 ab, welche zu regeln sind.

[0044] Die Positions-Sollbahnen as_1 , as_3 sind abhängig von für die jeweiligen Pressstempel 4, 5, 7 über den zeitlichen Verlauf t erforderlichen Presskräften bestimmt.

[0045] Dargestellt ist beispielhaft, dass während eines kontinuierlichen Absenkens des oberen Pressstempels 7 der erste untere Pressstempel 5 anfänglich nach oben bewegt und ab einer vorgegebenen Position wieder etwas nach unten bewegt wird. Insbesondere soll eine so genannte floatende Bewegung durch den unteren Pressstempel 5 ausgeführt werden, bei welcher dieser bei zu großer von oben her auf das Pressgut 6 einwirkender Presskraft nach unten hin nach gibt. Vorgesehen sein kann auch, dass bei zu geringer von oben her auf das Pressgut 6 einwirkender Presskraft eine Nachregelung des unteren Pressstempels 5 nach oben hin erfolgt.

[0046] Bei dem dargestellten Zyklus des Pressverfahrens

wird angenommen, dass zwischenzeitlich die momentane Position a_{1m} des unteren Pressstempels 5 von der zu diesem Zeitpunkt vorgesehenen momentanen Sollposition as_{1m} nach oben hin abweicht. Aufgrund der gemessenen Kräfte F_{21} , F_{22} der entsprechend diesem unteren Pressstempel 5 zugeordneten Kraftmesseinrichtungen 24, 25 ermittelt die Steuereinrichtung C eine Regelabweichung $\varepsilon K(21)$, wenn beispielsweise die gemessene Kraft F_{21} einer der Kraftmesseinrichtung 25 von einer Sollkraft F_s für insbesondere den gemessenen Kraftwert dieser Kraftmesseinrichtung 25 abweicht. Entsprechend wird dem zugeordneten Antrieb 16 ein Steuersignal bzw. eine Sollposition-Steuergröße s_{21} angelegt, welche eine Nachregelung abhängig von der Regelabweichung $\varepsilon K(21)$ ansteuert.

[0047] Die Regelabweichung $\varepsilon K(21)$ und damit die Sollposition-Steuergröße s_{21} sind somit kraftabhängige Steuer- bzw. Regelgrößen, welche direkt von einer oder gegebenenfalls auch mehreren der gemessenen Kräfte F_{21} abhängen.

[0048] Vorzugsweise werden bei der Bestimmung der Positions-Sollbahnen as_1 , as_3 und entsprechend bei der Bestimmung der Sollpositions-Steuergrößen s_3 , s_{11} , s_{12} , s_{21} , s_{22} zu der die jeweils momentane Position a der entsprechenden Pressstempel 4, 5, 7 beeinflussende Größen zusätzlich auch weitere den Pressvorgang beeinflussende Größen wie insbesondere eine maschinenspezifische E-Modul-Konstante E , eine Spindelsteigung und gegebenenfalls auch momentane Positionen weiterer der Pressstempel 4, 5, 7 berücksichtigt.

[0049] Die jeweiligen Regelabweichungen $\varepsilon K(21)$ und/oder die momentanen Sollposition-Steuergrößen s_3 , s_{11} , s_{12} , s_{21} , s_{22} während eines laufenden Pressverfahrens können auf unterschiedliche Art und Weise bestimmt werden. Prinzipiell möglich sind insbesondere ein Tabellenvergleich oder eine Berechnung.

[0050] Im Fall eines Tabellenvergleichs könnte in einer Tabelle mit abhängig von Sollkräften über die Zeit hinweg anzufahrenden Sollpositionen auch das Wissen des Fachmanns bzw. Anlagenbetreibers über beispielsweise eine Steifigkeit des Gebildes, Konturen und Materialeigenschaften des Prüfers berücksichtigt sein.

[0051] Da es sehr aufwändig ist, alle Bauteile im Kraftfluss der jeweiligen Achsen zu modellieren, um ein möglichst perfektes Modell als Grundlage zur Ermittlung korrekter Daten für die Tabelle zu erstellen, wird eine Berechnung bevorzugt. Insbesondere kann bei einer Berechnung ein vereinfachtes Modell zu Grunde gelegt werden. Die Abweichungen des realen Objektes vom Modell werden über die Soll-Ist-Kraftdifferenz in die Berechnung ein gekoppelt.

[0052] Dazu wird, in der insbesondere Servoregeln überlagerten Steuereinrichtung C im Reglertakt eine Sollbahn über die Kraft berechnet. Wird nun im Betrieb die Sollkraft in Relation zur Istkraft gesetzt, wird daraus die Regelabweichung εK der jeweils betrachteten gemessenen Kraft erhalten. Diese Regelabweichung wird zusammen mit der Spindelsteigung und einer maschi-

nenspezifischen E-Modul-Konstante in eine für den Lageregel der Servoachse bzw. des Antriebs beherrschbare Sollposition umgerechnet. Folgt nun die Werkzeugachse bzw. deren Antriebsregelung der berechneten Bahn, wird automatisch das vorgesehene Kraftprofil an der Achse realisiert.

Bezugszeichenliste:

[0053]

1	Keramik- und/oder Metallpulver-Press	
2	Rahmen	
3	Matrize	
4	Pressstempel	
5	Pressstempel	
6	Pressgut	
7	Pressstempel	
8	insbesondere plattenförmiger Stempelträger	
9	Spindelstange	
10	elektromotorischer Antrieb	
11	Kraftmesseinrichtung	
12	insbesondere plattenförmiger Stempelträger	
13	Spindelstange	
14	Spindelstange	
15	elektromotorischer Antrieb	
16	elektromotorischer Antrieb	
17	insbesondere plattenförmiger Stempelträger	
18	Spindelstange	
19	Spindelstange	
20	elektromotorischer Antrieb	
21	elektromotorischer Antrieb	
22	Kraftmesseinrichtung	
23	Kraftmesseinrichtung	
24	Kraftmesseinrichtung	
25	Kraftmesseinrichtung	
a	Position längs Pressrichtung	
as3	Positions-Sollbahn dritter, oberer Stempel	
a1m	momentane Position erster, unterer Stempel	
as1	Positions-Sollbahn erster, unterer Stempel	
as1m	momentane Sollposition erster, unterer Stempel	
C	Steuereinrichtung	
E	maschinenspezifische E-Modul-Konstante	
$\epsilon K(21)$	Regelabweichung	
F3	gemessene Kraft als Messgröße	
F11	gemessene Kraft als Messgröße	
F12	gemessene Kraft als Messgröße	
F21	gemessene Kraft als Messgröße	
F22	gemessene Kraft als Messgröße	
Fs	Sollkraft	
s3	Sollpositions-Steuergröße	
s11	Sollpositions-Steuergröße	
s12	Sollpositions-Steuergröße	
s21	Sollpositions-Steuergröße	
s22	Sollpositions-Steuergröße	
t	zeitlicher Verlauf eines Pressverfahrens	

Patentansprüche

- Verfahren zum Steuern einer Keramik- und/oder Metallpulver-Press (1) zum Pressen eines Pressguts (6), bei dem
 - zumindest ein elektromotorischer Antrieb (15, 16; 20, 21), welcher zumindest einen Pressstempel (5; 4) längs einer Pressrichtung verstellt und welcher als servomotorischer Antrieb ausgestaltet ist und/oder eine dem Pressstempel (5; 4) vorgeschaltete Spindel (13, 14; 18, 19) antreibt, derart angesteuert wird, dass
 - der Antrieb (15, 16; 20, 21) den Pressstempel (5; 4) längs einer Positions-Sollbahn (asl) bewegt und
 - der Antrieb bei Abweichung von der Positions-Sollbahn (asl) nachgeregelt wird,
 - wobei als zumindest eine Stellgröße für das Nachregeln eine gemessene Presskraft (F11, F12), die auf das Pressgut (6), den Pressstempel (4) oder diesen tragende Komponenten (17 - 19) einwirkt, verwendet wird,
 - mindestens ein Pressstempel (5; 4) mittels mindestens zwei Antrieben (15, 16; 20, 21) längs der Pressrichtung verstellt wird,
 - jeweils eine über die Antriebe (15, 16) wirkende momentane Presskraft (F21, F22; F11, F12) gemessen wird und entsprechende Messwerte als jeweils gemessene Presskräfte (F21, F22; F11, F12) ausgegeben werden, und dass
 - als die Abweichung eine Kraft-Regelabweichung (2K(21)) zwischen der gemessenen Presskraft (F11, F12) und der Sollkraft (Fs) in eine für einen Lageregel der Steuereinrichtung (C) zumindest des einen Antriebs (20, 21) umsetzbare Sollpositions-Steuergröße (s11, s12) umgesetzt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zu der Positions-Sollbahn (asl) abhängig von der zumindest einen gemessenen Kraft (F11, F12) nachgeregelt wird, wobei insbesondere die Positions-Sollbahn (asl) abhängig von einer Sollkraft (Fs) vorgegeben ist.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem Sollpositionen zumindest eines Pressstempels abhängig von zumindest einer solchen gemessenen Kraft (F11, F12) berechnet und/oder geregelt werden.
- Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem anhand der gemessenen Kraft (F11, F12) die Positions-Sollbahn (asl) für eine Servoachse oder mehrere Servoachsen berechnet wird, dass eine Werkzeugachse bzw. deren Pressstempel der pro-

grammierten Kraft folgt.

5. Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem zusätzlich eine Spindelsteigung des Antriebs (18 - 21) und/oder eine maschinenspezifische E-Modul-Konstante (E2) in die für den Lageregler umsetzbare Sollpositions-Steuergröße (s11, s12) umgesetzt wird. 5
6. Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem der Pressstempel (4; 5) als Bestandteil einer floatenden Achse verstellt wird. 10
7. Keramik- und/oder Metallpulver-Pressen (1) zum Pressen eines Pressguts (6) mit 15
 - zumindest einem elektromotorischen Antrieb (15, 16; 20, 21), welcher zumindest einen Pressstempel (5; 4) längs einer Pressrichtung verstellt und welcher als servomotorischer Antrieb ausgestaltet ist und/oder eine dem Pressstempel (5; 4) vorgeschaltete Spindel (13, 14; 18, 19) antreibt, 20
 - einer Steuereinrichtung (C), welche ausgelegt ist, den Antrieb (15, 16; 20, 21) derart anzusteuern, dass 25
 - der Antrieb (15, 16; 20, 21) den Pressstempel (5; 4) längs einer Positions-Sollbahn (asl) des Pressstempels (5; 4) bewegt und
 - der Antrieb bei Abweichung von der Positions-Sollbahn (asl) nachregelt, 30

gekennzeichnet durch

 - zumindest eine Kraftmesseinrichtung (22, 23; 24, 25; 11), welche zum Messen einer Presskraft (F11, F12), die auf das Pressgut (6), den Pressstempel (4) oder diesen tragende Komponenten (17 - 19) einwirkt, angeordnet ist, 35
 - wobei für die Steuereinrichtung (C) die gemessene Presskraft (F11, F12) zumindest eine Stellgröße für die Nachregelung bildet, wobei 40
 - als die Abweichung eine Kraft-Regelabweichung (2K(21)) zwischen der gemessenen Kraft (F11, F12) und der Sollkraft (Fs) in eine für einen Lageregler der Steuereinrichtung (C) zumindest des einen Antriebs (20, 21) umsetzbare Sollpositions-Steuergröße (s11, s12) umsetzbar ist und wobei 45
 - ein einzelner solcher Pressstempel (5; 4) durch gleichzeitig zwei oder mehr Antriebe (15, 16; 20; 21) verstellbar angeordnet ist, wobei ein aus der gemessenen Kraft (F11, F12) bestimmter Korrekturwert den Antrieben (15, 16; 20; 21) angelegt ist. 50- 8. Presse (1) nach Anspruch 7, bei welcher der Pressstempel (4; 5) Bestandteil einer floatenden Achse ist. 55
- 9. Presse (1) nach Anspruch 7 oder 8, bei welcher der

Antrieb (15, 16; 20; 21) einen Pressstempel (4; 5) relativ zu zumindest einem zumindest in Pressstellung seitlich dazu angeordneten Pressstempel (5; 4) bewegt.

10. Presse nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei ein aus der gemessenen Kraft (F11, F12) einziger Korrekturwert den Antrieben (15, 16; 20; 21) angelegt ist.
11. Presse nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei welcher die Steuereinrichtung (C) ausgelegt ist, den Antrieb (15, 16; 20, 21) mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 anzusteuern.

Claims

1. Method for controlling a ceramic and/or metal powder press (1) for pressing a compressible material (6), in which
 - at least one electric-motor drive (15, 16; 20, 21), which adjusts at least one press plunger (5; 4) along a pressing direction, is configured as a servo-motor drive and/or drives a spindle (13, 14; 18, 19) connected in front of the press plunger (5; 4), is activated in such a way that
 - the drive (15, 16; 20, 21) moves the press plunger (5; 4) along a desired position path (asl) and
 - the drive is readjusted in the event of a deviation from the desired position path (asl),
 - wherein a measured pressing force (F11, F12) which acts on the compressible material (6), the press plunger (4) or components (17 - 19) carrying the latter is used as at least one actuating variable for the readjustment,
 - at least one press plunger (5; 4) is adjusted along the pressing direction by means of at least two drives (15, 16; 20, 21),
 - in each case an instantaneous pressing force (F21, F22; F11, F12) acting via the drives (15, 16) is measured and corresponding measured values are output as respectively measured pressing forces (F21, F22; F11, F12), and in that
 - as the deviation, a force-control deviation (2K(21)) between the measured pressing force (F11, F12) and the desired force (Fs) is transformed into a desired position control variable (s11, s12) for a position controller of the control device (C) of the at least one drive (20, 21).
2. Method according to Claim 1, in which readjustment with respect to the desired position path (asl) is car-

ried out as a function of the at least one measured force (F11, F12), wherein in particular the desired position path (as1) is predefined as a function of a desired force (Fs).

3. Method according to Claim 1 or 2, in which desired positions of at least one press plunger are calculated and/or controlled as a function of at least one such measured force (F11, F12).
4. Method according to a preceding claim, in which the desired position path (as1) for a servo axis or multiple servo axes is calculated by using the measured force (F11, F12), such that a tool axis or its press plunger follows the programmed force.
5. Method according to a preceding claim, in which, in addition, a spindle pitch of the drive (18 - 21) and/or a machine-specific modulus of elasticity constant (E2) is transformed into the desired position control variable (sll, s12) for the position controller.
6. Method according to a preceding claim, in which the press plunger (4; 5) is adjusted as a constituent part of a floating axis.
7. Ceramic and/or metal powder press (1) for pressing a compressible material (6), comprising

- at least one electric-motor drive (15, 16; 20, 21), which adjusts at least one press plunger (5; 4) along a pressing direction, is configured as a servo-motor drive and/or drives a spindle (13, 14; 18, 19) connected in front of the press plunger (5; 4),

- a control device (C), which is designed to activate the drive (15, 16; 20, 21) in such a way that
 - the drive (15, 16; 20, 21) moves the press plunger (5; 4) along a desired position path (as1) of the press plunger (5; 4) and
 - the drive readjusts in the event of a deviation from the desired position path (as1),

characterized by

- at least one force measuring device (22, 23; 24, 25; 11), which is arranged to measure a pressing force (F11, F12) which acts on the compressible material (6), the press plunger (4) or components (17 - 19) carrying the latter,

- wherein, for the control device (C), the measured pressing force (F11, F12) forms at least one actuating variable for the readjustment, wherein

- as the deviation, a force-control deviation (2K(21)) between the measured force (F11, F12) and the desired force (Fs) is transformed into a desired position control variable (sll, s12) for a position controller of the control device (C) of the at least one drive (20, 21), and wherein

- an individual such press plunger (5; 4) is arranged to be simultaneously adjustable by two or more drives (15, 16; 20; 21), wherein a correction value determined from the measured force (F11, F12) is applied to the drives (15, 16; 20; 21).

8. Press (1) according to Claim 7, in which the press plunger (4; 5) is a constituent part of a floating axis.

9. Press (1) according to Claim 7 or 8, in which the drive (15, 16; 20; 21) moves a press plunger (4; 5) relative to at least one press plunger (5; 4) arranged laterally thereto, at least in the pressing position.

10. Press according to one of Claims 7 to 9, wherein a single correction value from the measured force (F11, F12) is applied to the drives (15, 16; 20; 21) .

11. Press according to one of Claims 7 to 10, in which the control device (C) is designed to activate the drive (15, 16; 20, 21) by means of a method according to one of Claims 1 to 5.

Revendications

1. Procédé pour commander une presse à poudre de céramique et/ou de métal (1) destinée à presser une matière à presser (6), avec lequel

- au moins un mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) électromotorisé, qui positionne au moins un piston de presse (5 ; 4) le long d'une direction de pressage et qui est réalisé sous la forme d'un mécanisme d'entraînement à servomoteur et/ou entraîne une broche (13, 14 ; 18, 19) montée en amont du piston de presse (5 ; 4), est commandé de telle sorte que

- le mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) déplace le piston de presse (5 ; 4) le long d'une trajectoire de consigne de position (asl) et

- le mécanisme d'entraînement est réajusté en cas d'écart par rapport à la trajectoire de consigne de position (asl),

- au moins une grandeur de commande utilisée pour le réajustement étant une force de pressage (F11, F12) mesurée qui agit sur la matière à presser (6), le piston de presse (4) ou les composants (17 - 19) qui le portent,

- au moins un piston de presse (5 ; 4) étant positionné le long de la direction de pressage au moyen d'au moins deux mécanismes d'entraînement (15, 16 ; 20, 21),

- une force de pressage (F21, F22 ; F11, F12)

- momentanée qui agit par le biais des mécanismes d'entraînement (15, 16) étant respectivement mesurée et des valeurs mesurées correspondantes étant délivrées sous la forme de forces de pressage (F21, F22 ; F11, F12) respectivement mesurées, et que
- l'écart est un écart de régulation de force (2K(21)) entre la force de pressage (F11, F12) mesurée et la force de consigne (Fs) converti en une grandeur de commande de position de consigne (s11, s12) qui peut être convertie pour un régulateur de position du dispositif de commande (C) au moins dudit mécanisme d'entraînement (20, 21).
2. Procédé selon la revendication 1, avec lequel un réajustement est effectué par rapport à la trajectoire de consigne de position (asl) en fonction de l'au moins une force (F11, F12) mesurée, la trajectoire de consigne de position (asl) étant notamment prédéfinie en fonction d'une force de consigne (Fs).
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, avec lequel les positions de consigne d'au moins un piston de presse sont calculées et/ou régulées en fonction d'au moins une telle force (F11, F12) mesurée.
 4. Procédé selon une revendication précédente, avec lequel la trajectoire de consigne de position (asl) pour un axe asservi ou plusieurs axes asservis est calculée à l'aide de la force (F11, F12) mesurée, de sorte qu'un axe d'outil ou son piston de presse suit la force programmée.
 5. Procédé selon une revendication précédente, avec lequel un pas de broche du mécanisme d'entraînement (18 - 21) et/ou une constante de module d'élasticité (E2) spécifique à la machine est en plus converti en la grandeur de commande de position de consigne (s11, s12) qui peut être convertie pour le régulateur de position.
 6. Procédé selon une revendication précédente, avec lequel le piston de presse (4 ; 5) est positionné en tant qu'élément constitutif d'un axe flottant.
 7. Presse à poudre de céramique et/ou de métal (1) destinée à presser une matière à presser (6), comprenant
 - au moins un mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) électromotorisé, qui positionne au moins un piston de presse (5 ; 4) le long d'une direction de pressage et qui est réalisé sous la forme d'un mécanisme d'entraînement à servomoteur et/ou entraîne une broche (13, 14 ; 18, 19) montée en amont du piston de presse (5 ; 4),
 - un dispositif de commande (C) qui est conçu pour commander le mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) de telle sorte que
 - le mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) déplace le piston de presse (5 ; 4) le long d'une trajectoire de consigne de position (asl) du piston de presse (5 ; 4) et
 - réajuste le mécanisme d'entraînement en cas d'écart par rapport à la trajectoire de consigne de position (asl),
 8. Presse (1) selon la revendication 7, avec laquelle le piston de presse (4 ; 5) est un élément constitutif d'un axe flottant.
 9. Presse (1) selon la revendication 7 ou 8, avec laquelle le mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) déplace un piston de presse (4 ; 5) par rapport à au moins un piston de presse (5 ; 4) disposé à côté de celui-ci au moins en position de pressage.
 10. Presse selon l'une des revendications 7 à 9, une valeur de correction unique issue de la force (F11, F12) mesurée étant appliquée aux mécanismes d'entraînement (15, 16 ; 20, 21).
 11. Presse selon l'une des revendications 7 à 10, avec laquelle le dispositif de commande (C) est conçu pour commander le mécanisme d'entraînement (15, 16 ; 20, 21) au moyen d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 5.

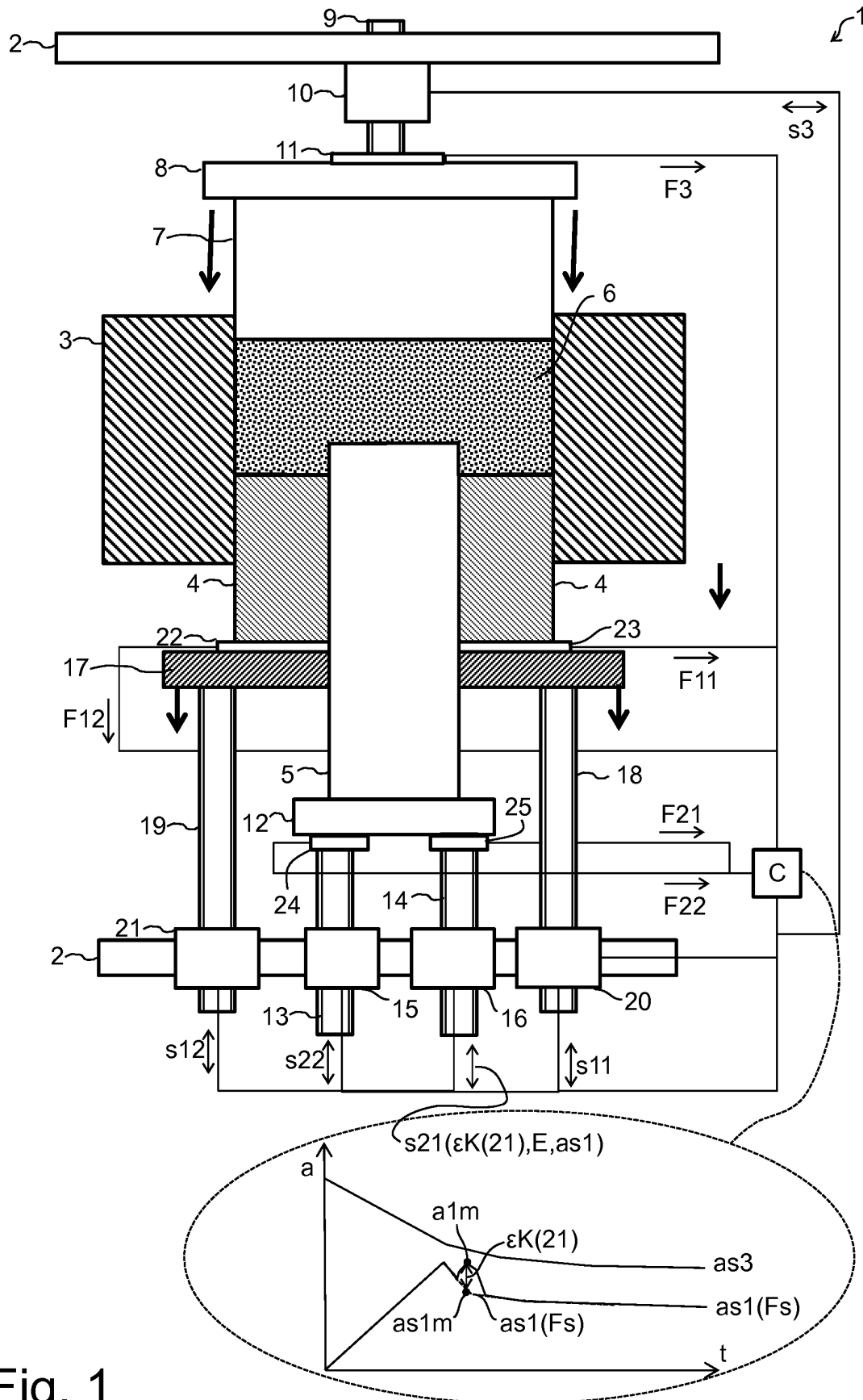


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6074584 A [0004]